

방사선방호 주기적안전성평가를 위한 세부평가항목 선정

Determination of Items for Periodic Safety Review on PWR Radiation Protection

김학수, 김미경, 강기두, 신상운

한국수력원자력(주) 원자력환경기술원
대전광역시 유성우체국사서함 149호

요 약

경수로원전 방사선방호의 주기적 안전성평가를 위해 원전의 장수명 안전성을 고려하여 구체적인 세부평가항목을 선정하였다. 평가항목은 크게 물리적 현상상태, 안전성능, ALARA 활동, 운전경험 및 연구결과의 반영으로 분류하였고, 안전성능에 관한 사항으로 방사선방호 안전성 측면에서 장기적인 영향을 예측할 수 있는 방사선원, 계통 방사선/능 준위, 발전소내 작업자에 대한 피폭방사선량 등으로 선정하였다. 그 중 ALARA 활동은 방사선방호 측면의 중요성을 고려하여 별도의 평가항목으로 선정하며, ALARA 활동 중에서도 ALARA Feedback은 운전경험 및 연구결과의 반영 항목으로 분리하여 평가하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

Abstract

To evaluate the Periodic Safety Review of PWR radiation protection, specific items was determined considering long term safety of nuclear power plant. The items are assorted by physical status, safety performance, ALARA activity and feedback of R&D activity. The sub-items of safety performance are radiation source which can effect long-term effect, radiation level of systems, and radiation exposure of workers. ALARA activity was seperated because it is important to radiation protection, furthermore, ALARA feedback was assorted to feedback of R&D activity.

1. 서론

주기적안전성평가(PSR)에서 방사선방호 분야에 대한 평가범위는 원자력법시행규칙 제 19조의2 규정에 따라 제1항, 제5항 및 제6항 중 PSR 측면 및 발전소 안전성 측면에서 방사선방호에 관련되는 항목으로 선정하며, 이들 세부평가항목의 선정은 안전에 중요한 현안사항을 반영하여 국내 원전의 장수명 운전을 위해 유효할 것으로 사료된다. 본 논문은 국내원전의 현재 안전기준과 관행에 따라 방사선방호 분야에 대한 평가항목들을 구체화하기 위해 작성하였다. 따라서 차기 PSR 또는 수명말기까지 원전의 안전을 유지하기 위한 적절한 대책 수립 및 도출된 안전 현안 사항 등 방사선방호 분야 관련 주기적안전성 평가에 대한 이해에 도움을 줄 수 있을 것이다.

2. 평가범위

IAEA 보고서, KINS의 PSR 상세지침서 중 방사선방호 분야는 평가 특성상 대부분 타 분야의 안전인자들과 관련되기 때문에 별개의 안전인자로 고려하지 않고, 그 대책방안과 유효성을 각 분야의 세부 사항으로 평가하도록 요구하고 있다. 따라서 방사선방호 분야에 대한 평가범위는 원자력법시행규칙 제19조제①항과 제19조의2 제1호에 따라 방사선관리 시설에 포함되는 제반 시설들을 대상으로 크게 현재의 물리적 상태, 안전성능, ALARA 활동, 운전 및 연구경험의 반영으로 분류하며, 다음과 같이 세부평가항목들을 선정하였다.

- 현재의 물리적 상태
 - 보건물리실
 - 방사선관리구역
 - 지역방사선감시계통
 - 방사선방호 설비 및 장비
 - 작업자 피폭선량 평가 체계
- 안전성능
 - 방사선원
 - 계통 방사능 준위
 - 계통 방사선 준위
 - 방사선방호 교육
 - 발전소내 작업자 피폭방사선량
 - 발전소내 방사선 감시자료
- ALARA 활동
 - ALARA 체계
 - ALARA 이행

- 방사선 작업관리
- 운전경험 및 연구결과의 반영
- ALARA Feedback
- 연구결과의 반영

세부평가항목 선정에 있어 안전성능 지표이자 공통평가인자라 할 수 있는 ALARA 활동에 관련된 항목은 방사선방호 측면의 중요성을 고려하여 독립적으로 분류하였으며, 현 시점을 기준으로 측정가능한 항목들을 범위로 하였다.

3. 세부평가항목 선정

가. 현재의 물리적 상태

방사선방호 분야에 관련된 안전성 평가 시점에서 방사선관리 관련 시설의 기능적 성능을 평가 및 물리적인 상태를 파악하고 현재 유효한 기록이 원자력발전소의 상태를 정확히 나타내고 있는지의 여부를 확인하기 위하여 원자력시행규칙 제19조의2 제1호 “원자로 시설의 평가 당시의 물리적 상태에 관한 사항”을 근거로 보건물리실 외 4개 항목에 대해 현재의 물리적 상태를 세부평가항목으로 선정하였다.

1) 보건물리실

보건물리실은 제반 원자로시설의 운영에 필수적인 방사선방호 지원시설로서 제한구역(방사선관리구역)과 비제한구역을 구분하는 경계가 된다. 따라서 경계 역할, 방호용품 및 방호설비의 구비상태, 방호절차서 및 출입기록 관리상태 등을 평가범위로 하였다.

2) 방사선관리구역

방사선관리구역(Radiation Zoning)은 방사선작업종사자가 작업을 위해 이동중 불필요한 피폭을 유발할 수 있는 구역으로의 불필요한 접근을 방지하기 위하여 6개 구역으로 나뉘어져 있으며, 적절한 관리절차에 따라 운영되고 있다. 따라서 평가항목으로 방사선관리구역의 선정 및 관리상태, 관리구역의 적합성, 특히 고방사선입자관리 측면에서 방사선구역의 설정의 적합성을 고려하였다.

3) 지역방사선감시계통

지역방사선감시계통은 작업자의 방사선 피폭관리와 작업계획 수립에 필수적인 방사선준위에 대한 정확한 자료를 제공하고, 그 구역의 방사선량율이 비정상적으로 상승할 경우 방사선 작업자들의 예기치 않은 방사선 피폭을 방지할 수 있도록 사전 경고하는 기능을 가지고 있다. 따라서 이들 지역방사선감시기에 대한 기능적 성능, 현재의 물리적 상태, 유지보수 절차서의 적합성을 평가항목으로 선정하였다.

4) 방사선방호 장비 및 설비

방사선방호 장비 및 설비는 방사선관리구역내 방사선량율과 표면오염도, 공기중 방사능 농도, 개인 피폭선량 감시·측정·분석장비, 인체/장비 오염설비, 작업용품 세탁설비 등으로 분류할 수 있다. 따라서 본 평가항목으로 방사선 방호장비 및 설비의 관련 규정에 따른 확보현황, 물리적 관리상태 및 유지보수가 방사선방호 활동 수행의 적합성 등으로 선정하였다.

5) 작업자 피폭선량 평가 체계

방사선 작업자는 작업중 불가피하게 방사성물질에 노출되어 방사선 피폭을 받게 되는데, 작업자 피폭선량 평가체계는 방사선 작업자가 받는 방사선 피폭선량을 평가하기 위한 장비와 운영체계를 의미한다. 따라서 평가항목으로 작업자의 방사선 피폭을 외부피폭과 내부피폭으로 분류하고, 이들 운영체계의 적합성과 운영상태 등을 범위로 하였다.

나. 안전성능

1) 방사선원

원자력발전소 방사선관리측면에서 방사선원(Source Term)은 크게 차폐 계산, 방사성폐기물처리계통 설계 및 방사선작업종사자의 피폭선량 예측 등에 이용되고 있다. 방사선원은 장기적인 방사선 방호 추이를 예측할 수 있는 중요한 인자로서 방사선원항 측정의 적합성, 보조건물 및 원자로 건물내 주요 지역의 방사선원의 변화 경향과 변화 요인, 대책 및 장기적인 영향을 예측을 평가항목으로 선정하였다.

2) 계통 방사능 준위

계통 방사능 준위는 방사선 방호분야 및 핵연료 건전성 평가분야의 안전성능지표로서, 계통 방사능 준위 측정의 적합성, 방사능 준위의 변화 추이, 방사능 준위의 변동에 따른 대책의 적절성을 평가항목으로 선정하는 것이 필요하며, 특히 핵연료 손상평가의 적절성 및 핵연료 손상에 따른 대책의 적절성을 분석하여 방사선 방호 측면의 장기적인 안전성 예측을 범위로 하였다.

3) 계통 방사선 준위

계통 방사선 준위는 방사선 안전성능 지표로서 방사선 작업종사자의 장기적인 방사선 피폭 경향을 예측하는 주요 인자가 된다. 따라서 계통 방사선 준위 중 방사선 작업종사자의 피폭에 가장 큰 영향을 미치는 증기발생기 수실내 방사선량율을 대상으로 방사선량율의 변화 원인 및 감소대책 등을 조사하여 장기적인 방사선 안전성을 평가항목으로 선정하였다.

4) 방사선방호 교육

원자력발전소 작업종사자는 방사선작업을 수행하기 위해 적절한 방사선방호교육을 받도록 의무화되어 있다. 이러한 교육을 통해 방사선작업종사자가 작업중 예상되는 방사선피폭으로부터 적절하게 보호될 수 있다. 이러한 측면에서 방사선방호 교육은 발전소내 대표적인 안전성능 인자로 볼 수 있으며, 방사선방호 교육시설 및 장비, 강사의 자격, 교육·훈련 방법, 교육·훈련의 평가, 기록 및 비치 등을 세부평가항목으로 선정하였다.

5) 발전소내 작업자 피폭선량

피폭방사선량은 집단선량과 개인선량으로 구분되며, 연도별, 계획예방정비 연차별, 계획예방정비 주요작업별 집단선량, 방사선작업종사자수 및 1인 평균선량 등으로 세부평가항목을 분류하며, 방사선작업종사자의 개인선량에 대하여 연간 20mSv 및 50mSv를 초과한 방사선작업종사자수, 연간 방사선작업종사자수, 개인선량 분포 등으로 구분하여 초과자 발생시 적절한 원인 분석과 후속 조치 및 비상시 방사선작업종사자의 피폭발생여부와 장기적인 안전 성능의 확인을 평가범위로 하였다.

6) 발전소내 방사선 감시자료

발전소내 방사선감시자료는 원자력법 시행규칙 제19조의2 제5호 마목(발전소내 방사선 감시자료에 대한 기록)의 평가항목으로서 방사선 작업계획 수립과 방사선 작업자의 피폭선량 평가에 중요한 수단이 된다. 따라서 소내 방사선 감시자료 관리체계의 적합성, 감시자료 및 분석결과 등 기록 관리의 적절성, 방사선관리구역에서의 방사선량율과 방사선관리구역내 표면오염도, 공기중 방사능농도 등의 추이를 조사하여 주요 작업구역의 비정상적인 방사성 오염 축적은 없는지를 평가항목으로 선정하였다.

다. ALARA 활동

고리 3, 4호기 인허가 당시에는 구체적인 ALARA 지침이 적용되지 않았으나, 이후 Reg. Guide 8.8, 8.10 등의 ALARA 관련 기술기준이 국내 원자력법 제 97조 1항에 반영되어 방사선장해를 방지하고 방사성물질의 방출량 및 방사선피폭선량이 가능한 한 합리적으로 낮게 유지되도록 필요한 조치를 하도록 요구하고 있으며 발전소 현장에서도 ALARA 개념을 적용하여 적절하게 방사선 관리를 수행하고 있다. 따라서 ALARA 활동에 대한 평가는 ALARA 체계의 적합성, ALARA 이행여부 및 방사선 작업관리 등으로 구분하여 평가항목을 선정하였다.

1) ALARA 체계

ALARA 체계는 방사선작업자의 방사선 피폭을 합리적으로 낮추기 위한 ALARA 활동의 근간이 된다. 본 평가항목으로는 고리 3, 4호기의 ALARA 절차, 이행조직, 목표설정,

이행수단의 적합성을 선정하였다.

2) ALARA 이행

원자력법 제 97조 1항에 의거하여 방사선장해를 방지하고 방사성물질의 방출량 및 방사선피폭선량이 가능한 한 합리적으로 낮게 유지되도록 필요한 조치를 이행하는데 있어서 ALARA 위원회 개최 실적과 기록관리 상태, ALARA 프로그램의 적용 그리고 최적화 기법 적용사례 이행적합성을 세부평가항목으로 선정하였다.

3) 방사선 작업관리

모든 방사선작업은 ALARA 원칙에 따라 계획이 수립되고 관리되어야 한다. 따라서 Mock-up 훈련을 포함한 방사선 작업에 대한 사전교육의 시행여부, 방사선 작업 수행시 방사선 안전관리원과 작업 감독자, 작업자들의 역할분담 적합성, 방사선 피폭저감대책 수립의 적절성, 방사선 작업관리기록의 유지, 예상치 못한 사태 발생시 대처 경험 등으로 구분하여 세부평가항목으로 선정하였다.

라. 운전경험 및 연구결과의 반영

운전경험 및 연구결과의 반영은 원자력법시행규칙 제19조의2 제6호 “원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용에 관한 사항” 가목(원자로시설의 운전경험 및 연구결과의 반영을 위한 계획 및 체제의 적절성)과 나목(원자로시설의 운전경험·연구결과의 반영 및 조치방안)에 따라 ALARA Feedback 현황을 조사, 평가하고 최근의 연구결과가 방사선방호 계획 수립에 체계적이고 적절하게 반영되고 있는지를 평가범위로 하였다.

3. 결론

경수로원전 방사선방호에 대한 주기적안전성평가를 위해 방사선관리시설의 물리적 상태 및 특성과 방사선 방호계획의 적합성 및 이행여부를 고려하여 원전의 장수명 안전성을 확인할 수 있도록 세부평가항목을 구체적으로 선정하였다. 평가범위를 명확하게 선정하기 위해 방사선관리시설에 포함되는 제반시설들을 대상으로 평가항목을 선정하였다. 물리적인 방사선관리시설로는 보건물리실과 방사선관리구역, 지역방사선감시계통, 방사선 방호장비 및 설비, 작업자 피폭선량 평가체제를 평가항목으로 선정하였으며, 방사선관리와 직접적인 관련이 없는 안전성 분석에 관한 사항과 기기검증에 관한 사항은 평가범위에 포함시키지 않는 것이 적절한 것으로 판단되었다. 그러나 안전성능에 관한 사항으로 방사선 방호 안전성 측면에서 장기적인 영향을 예측할 수 있는 방사선원, 계통 방사선/능 준위, 발전소내 작업자에 대한 피폭방사선량 및 발전소내·외 방사선감시자료 등 6개 항목으로 선정하였다. 그 중 ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 활동은 방사선 방호 측

면의 중요성을 고려하여 별도의 평가항목으로 추가하였으며, ALARA 활동 중에서도 ALARA Feedback은 운전 경험 및 연구결과의 반영 항목으로 분리하여 평가하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. IAEA, INSAG-8, 50-SG-012(IAEA 지침보고서)
2. 한국원자력안전기술원, 주기적안전성평가 검토지침서개발(KINS)
3. 한수원(주), 고리원전 1호기 주기적 안전성평가(PSR), 2002. 9.